

Abridgment

Japanese Patent Unexamined Publication No.03-295408

Date of Publication: 26.12.1991

Applicant: **MATSUSHITA ELECTRIC WORKS LTD.**

Title of the invention: **METHOD AND INSTRUMENT FOR INSPECTING UNEVEN SURFACE**

Fig. 1 is a schematic construction block diagram of first embodiment of the invention.

Fig.2 is an enlarged view for showing a configuration of a detected surface of Fig. 1.

Fig.3 is an explanation for operation showing examples of a pattern projected on the screen.

Fig.4 is a schematic block diagram of image processor

Fig. 5 is an explanation of a concept of local parallel window used for image processing.

Fig. 6 is an explanation for operation of image processing.

Fig. 7 is an explanation showing an example of setting a differential direction value.

Fig. 8(a) is an explanation for operation showing a case where there is a relatively large wave pattern on the detected surface, and Fig. 8(b) is an explanation for operation showing a diffraction image corresponding to Fig. 8(a).

Fig. 9(a)(b) are an explanation for operation showing a displacement of the reflected light when there is a relatively large wave pattern on the detected surface.

Fig. 10(a) is an explanation for operation showing a setting state of the check line, Fig. 10(a) is an explanation for operation how to obtain the reference line.

Fig. 11 is an essential schematic construction block diagram of second embodiment of the invention.

Fig. 12 is a schematic construction block diagram of third embodiment of the invention.

Fig. 13 is a schematic construction block diagram of fourth embodiment

of the invention.

Fig. 14 is a schematic construction block diagram of fifth embodiment of the invention.

1---laser generator, 2---rod lens, 3---cylindrical lens for projection, 4---surface to be inspected, 5---screen, 6--image input device, 7---image processor

PURPOSE: To easily identify between a defect 23 and a nondefect 21, 22 from the variation of a diffracted image by setting the irradiation angle of parallel light flux so that the diffracted image has specific patterns corresponding to the defect 23 and nondefect 21, 22.

CONSTITUTION: The light beam from a laser generator 1 is made into the parallel light flux, which is illuminated onto a surface 4 to be inspected through a rod lens 2 and a cylindrical lens 3. The surface 4 to be inspected is for example a copper-foil adhered laminate plate. The copper foil is pressed and adhered to the plate by heating to form a copper-foil adhered laminate plate. The surface 4 to be inspected is nearly flat, but has fine grooves 21 with a period of microns and a cross pattern 22 with a period of 1 to 2 mm. The grooves 21 and the cross pattern 22 which are caused by a manufacturing processing are periodic and not a defect.

Parallel light flux thus obtained is illuminated onto the surface 4 to be inspected at angle θ with a range of 1-10 degrees. Then the reflected light from the surface 4 is projected on a screen 5

As shown in Fig. 3(a), diffracted images "a" and "b" on the screen 5 are in nearly parallel pattern when the surface 4 has only grooves 21 and cross pattern 22, on the other hand, as shown in Fig. 3(b), there is diffracted image "c", on the screen 5, crossing diffracted images "a" and "b" at right angles when the surface 4 has a defect 23. Diffracted image "b" in Fig. 3 corresponds to the reflected light.

If angle θ is less than 1 degree, some portions are shadowed relative to the parallel light flux due to the wave pattern of cross pattern 22, and if angle θ is larger than 10 degrees, it is difficult to discriminate between defects 23 and non-defects from a variation of the diffracted image, because the distance between "a" and "b" becomes smaller and the length of image "c" becomes smaller as angle θ becomes larger. The preferable range of angle θ is 3 to 4 degrees.

The image on the screen 5 is picked up by an image input device 6, whose output is processed by an image processor 7 to identify the longitudinal diffracted image "c" at a position corresponding to the defect.

⑨ 日本国特許庁(JP)

⑩ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報(A)

平3-295408

⑬ Int. Cl.⁵

識別記号

庁内整理番号

⑭ 公開 平成3年(1991)12月26日

G 01 B 11/30
G 01 N 21/88
21/89C 7907-2F
Z 2107-2J
A 2107-2J

審査請求 未請求 請求項の数 13 (全14頁)

⑮ 発明の名称 凹凸面の検査方法およびその装置

⑯ 特 願 平2-98718

⑰ 出 願 平2(1990)4月14日

⑱ 発 明 者 山 竹 聡 大阪府門真市大字門真1048番地 松下電工株式会社内
 ⑲ 発 明 者 山 本 宏 司 大阪府門真市大字門真1048番地 松下電工株式会社内
 ⑳ 出 願 人 松下電工株式会社 大阪府門真市大字門真1048番地
 ㉑ 代 理 人 弁理士 石田 長七 外2名

明 細 書

1. 発明の名称

凹凸面の検査方法およびその装置

2. 特許請求の範囲

(1) 被検査面の上の一直線に沿って所定幅を有する帯状に設定された検査領域に対して、干渉性を有し少なくとも上記直線に直交する面内で平行な光線束を被検査面と所定角度をなすように照射し、被検査面での反射光の干渉による回折像が、検査領域のほぼ全面に存在する非欠陥とみなせる凹凸に対しては上記直線にほぼ平行なパターンになり、検査領域内で局所的に存在し欠陥になる凹凸に対しては上記直線にほぼ直交するパターンになるように、上記光線束を被検査面に対して照射する角度を設定し、上記回折像を画像入力装置に入力し、画像処理を施すことにより被検査面の凹凸形状を検出することを特徴とする凹凸面の検査方法。

(2) 上記画像処理では、各画素の近傍での濃度の変化方向と上記直線に沿う方向での濃度の変化

率とを求め、濃度の変化率が所定値より大きく、かつ、濃度の変化方向が上記直線に沿う方向である画素が所定個数以上存在しているときに欠陥が存在すると判定することを特徴とする請求項1記載の凹凸面の検査方法。

(3) 画像内に所定の大きさを有したマスクを設定し、上記マスクを上記直線に沿う方向に所定画素ずつ移動させながら、濃度の変化率が所定値より大きく、かつ、濃度の変化方向が上記直線に沿う方向である画素の上記マスク内での個数を計数し、個数と個数の変化率との少なくとも一方が所定値より大きいときに欠陥が存在すると判定することを特徴とする請求項2記載の凹凸面の検査方法。

(4) 上記回折像のうち上記直線にほぼ平行なパターンの上の各点について上記直線と平行に設定した基準線からの偏差を求め、上記偏差に基づいて被検査面の変形を検出することを特徴とする請求項1記載の凹凸面の検査方法。

(5) 被検査面の上の一直線に沿って所定幅を有

する帯状に設定された検査領域に対して、干渉性を有し少なくとも上記直線に直交する面内で平行な光線束を被検査面と所定角度をなすように照射する照射源と、被検査面での反射光の干渉による回折像の強度分布に対応した画像が得られる画像入力装置と、画像入力装置の出力に基づいて被検査面の凹凸形状を検出する画像処理装置とを具備し、上記回折像が、検査領域のほぼ全面に存在する非欠陥とみなせる凹凸に対しては上記直線にほぼ平行なパターンになり、検査領域内で局所的に存在し欠陥になる凹凸に対しては上記直線にほぼ直交するパターンになるように、上記光線束を上記照射源から被検査面に対して照射する角度が設定されることを特徴とする凹凸面の検査装置。

(6) 被検査面を有する部材を、照射源からの光線束と被検査面との角度を一定に保った状態で上記直線に直交する方向に移動させるテーブルを設けたことを特徴とする請求項5記載の凹凸面の検査装置。

(7) 上記回折像を投映するスクリーンが設けらる検査装置。

(11) 画像入力装置は、リニアイメージセンサであって、上記直線に直交する方向の光の強度分布が検出できるように配置されて成ることを特徴とする請求項10記載の凹凸面の検査装置。

(12) 走査鏡は、回転駆動されるポリゴンミラーであることを特徴とする請求項10または請求項11記載の凹凸面の検査装置。

(13) 走査鏡は、反射面が揺動する振動ミラーであることを特徴とする請求項10または請求項11記載の凹凸面の検査装置。

3. 発明の詳細な説明

【産業上の利用分野】

本発明は、ほぼ平坦な被検査面に形成されている凹凸を非接触で検査する凹凸面の検査方法およびその装置に関するものである。

【従来の技術】

従来より、ほぼ平坦な被検査面に形成されている凹凸を非接触で検査する方法として、特開昭62-62205号公報、特開昭62-13215

号公報、特開昭63-241345号公報などに記載されたものが知られている。

(8) 照射源は、光ビームを発生させるレーザ発生器と、光ビームより発散光線束を形成するロッドレンズと、発散光線束より平行光線束を形成する投光用シリンドリカルレンズとを備えて成ることを特徴とする請求項5～7のいずれかに記載の凹凸面の検査装置。

(9) 照射源は、光ビームを発生させるレーザ発生器と、光ビームより発散光線束を形成するロッドレンズと、発散光線束より平行光線束を形成する放物面鏡とを備えて成ることを特徴とする請求項5～7のいずれかに記載の凹凸面の検査装置。

(10) 照射源は、光ビームを発生させるレーザ発生器と、光ビームを上記直線に沿う方向に走査させる走査鏡と、走査鏡による反射光を上記直線に直交する面に平行な方向に屈折させる受光用シリンドリカルレンズとを備えて成ることを特徴とする請求項5～7のいずれかに記載の凹凸面の検査装置。

4号公報、特開昭63-241345号公報などに記載されたものが知られている。

特開昭62-62205号公報に開示された物体の表面凹凸検査方法では、非検査物体に対してスリット光を0～15°の角度で照射し、表面反射光が、凹凸のない面ではスリット光にほぼ平行な直線状のパターンになり、凹凸面では幅の広いパターンになることを利用して凹凸面の存否を検出している。すなわち、狭幅のスリット光による表面反射光が凹凸面で反射されたときに広幅になることを利用しているのである。

一方、特開昭62-132154号公報に開示された突起物判別方法では、レーザ光により波面が円弧の一部をなす発散光線束を複数形成し、各発散光線束を所定間隔ずつ離間して平行に配列した光線束群を非検査面に照射し、その反射光をスクリーンに投映したときの像の歪みに基づいて被検査面上の突起物の形状を判別するようにしている。すなわち、被検査面が平坦であれば各発散光線束の反射光の間隔は一定に保たれるが、被検査

面に凹凸が存在すると各発散光線束の反射光の間隔が変化するから、各発散光線束の反射光の間隔に基づいて被検査面の凹凸形状を判別するようにしているのである。

また、特開昭63-241345号公報に開示された欠陥検出装置は、レーザ光である光ビームが被検査面の上一直線上で走査されるように光ビームを被検査面に対して一点から照射し、その反射光をエリアセンサに入力して、反射光による像の面積を測定することにより凹凸の有無を検出するものである。すなわち、被検査面に凹凸が存在すると、光ビームが散乱して像の大きさが変化することを利用し、像の面積を測定することによって凹凸の検出を行うようにしている。

したがって、特開昭62-62205号公報、特開昭62-13254号公報、特開昭63-24135号公報のいずれに開示された方法も、基本的には、凹凸による光ビームの散乱を利用してゐるといえる。

【発明が解決しようとする課題】

に、被検査面の上一直線に沿って所定幅を有する帯状に設定された検査領域に対して、干渉性を有し少なくとも上記直線に直交する面内で平行な光線束を被検査面と所定角度をなすように照射し、被検査面での反射光の干渉による回折像が、検査領域のほぼ全面に存在する非欠陥とみなせる凹凸に対しては上記直線にはほぼ平行なパターンになり、検査領域内で局所的に存在し欠陥になる凹凸に対しては上記直線にはほぼ直交するパターンになるように、上記光線束を被検査面に対して照射する角度を設定し、上記回折像を画像入力装置に入力し、画像処理を施すことにより被検査面の凹凸形状を検出するのである。

請求項2の方法では、画像処理において、各画素の近傍での濃度の変化方向と上記直線に沿う方向での濃度の変化率とを求め、濃度の変化率が所定値より大きく、かつ、濃度の変化方向が上記直線に沿う方向である画素が所定個数以上存在しているときに欠陥が存在すると判定する。

請求項3の方法では、画像内に所定の大きさを

ところで、金属単板の表面の研磨さず、圧延模様、電解により形成される模様、金属単板を基材と重ねてプレスする際に基材となるクロスによって金属単板の表面に形成されるクロス目など、製造時に必然的に形成され全面に亘ってほぼ一様に形成されている微小な凹凸は欠陥にはならない。一方、打痕や異物など、局所的に存在する凹凸は微小であっても欠陥となる。

上記従来構成では、凹凸面での光の散乱による値の変化を検出してゐたものであるから、被検査面のほぼ全面に亘って非欠陥の凹凸が存在しているような被検査面では、欠陥となる凹凸が存在していても識別しにくいという問題があった。

本発明は上記問題点の解決を目的とするものであり、非欠陥である凹凸と欠陥である凹凸とが混在しているような被検査面において、欠陥を確実に識別できるようにした凹凸面の検査方法およびその装置を提供しようとするものである。

【課題を解決するための手段】

請求項1の方法では、上記目的を達成するため

有したマスクを設定し、マスクを上記直線に沿う方向に所定画素ずつ移動させながら、濃度の変化率が所定値より大きく、かつ、濃度の変化方向が上記直線に沿う方向である画素のマスク内での個数を計数し、個数と個数の変化率との少なくとも一方が所定値より大きいときに欠陥が存在すると判定する。

請求項4の方法では、回折像のうち上記直線にはほぼ平行なパターンの上の各点について上記直線と平行に設定した基準線からの偏差を求め、この偏差に基づいて被検査面の変形を検出するのである。

請求項5の装置では、被検査面の上一直線に沿って所定幅を有する帯状に設定された検査領域に対して、干渉性を有し少なくとも上記直線に直交する面内で平行な光線束を被検査面と所定角度をなすように照射する照射源と、被検査面での反射光の干渉による回折像の強度分布に対応した画像が得られる画像入力装置と、画像入力装置の出力に基づいて被検査面の凹凸形状を検出する画像

処理装置とを具備し、上記回折像が、検査領域のほぼ全面に存在する非欠陥とみなせる凹凸に対しては上記直線にほぼ平行なパターンになり、検査領域内で局所的に存在し欠陥になる凹凸に対しては上記直線にほぼ直交するパターンになるように、上記光線束を上記照射源から被検査面に対して照射する角度を設定している。

請求項6の装置では、被検査面を有する部材を、照射源からの光線束と被検査面との角度を一定に保った状態で上記直線に直交する方向に移動させるテーブルを設けている。

請求項7の装置では、回折像を投映するスクリーンを設け、スクリーン上の回折像を画像入力装置に入力する。

請求項8の装置では、照射源は、光ビームを発生させるレーザ発生器と、光ビームより発散光線束を形成するロッドレンズと、発散光線束より平行光線束を形成する投光用シリンドリカルレンズとを備えている。

請求項9の装置では、照射源は、光ビームを発

生させるレーザ発生器と、光ビームより発散光線束を形成するロッドレンズと、発散光線束より平行光線束を形成する投光用シリンドリカルレンズとを備えている。

はほぼ全面に互って形成され、打痕のような欠陥となる凹凸は被検査面に局所的に形成されるものである。また、欠陥となる凹凸であっても表面には非欠陥である凹凸が残されるのが普通である。

本発明者らは、このような被検査面の上一直線に沿って所定幅を有する帯状に設定された検査領域に対して、干渉性を有し少なくとも上記直線に直交する面内で平行な光線束を被検査面と所定角度をなすように照射したときに、被検査面に対する光線束の照射角度を適宜設定することによって、被検査面での反射光の干渉による回折像が、検査領域のほぼ全面に存在する非欠陥とみなせる凹凸に対しては上記直線にほぼ平行なパターンになり、検査領域内で局所的に存在し欠陥になる凹凸に対しては上記直線にほぼ直交するパターンになるという知見を得た。

請求項1の方法では、上述のような回折像が得られるように、上記光線束の被検査面に対する照射角度を設定していることによって、欠陥と非欠陥とを回折像に基づいて容易に識別することがで

生させるレーザ発生器と、光ビームより発散光線束を形成するロッドレンズと、発散光線束より平行光線束を形成する放物面鏡とを備えている。

請求項10の装置では、照射源は、光ビームを発生させるレーザ発生器と、光ビームを上記直線に沿う方向に走査させる走査鏡と、走査鏡による反射光を上記直線に直交する面に平行な方向に屈折させる受光用シリンドリカルレンズとを備えている。

請求項11の装置では、画像入力装置は、リニアイメージセンサであって、上記直線に直交する方向の光の強度分布が検出できるように配置されている。

請求項12の装置では、走査鏡は、回転駆動されるポリゴンミラーである。

請求項13の装置では、走査鏡は、反射面が振動する振動ミラーである。

【作用】

上述したように、被検査面の表面に製造過程で必然的に形成された非欠陥の凹凸は、被検査面の

きるのである。また、回折像を画像入力装置に入力し、画像処理によって凹凸形状を検出するので、凹凸形状の検査が自動化できる。

請求項2および請求項3の方法によれば、画像処理によって回折像の特徴を抽出するから、欠陥の有無が自動的に判定できる。

とくに、請求項3の方法では、濃度の変化率が所定値より大きく、濃度の変化方向が所定方向である画素を抽出した画像に対して、画像内に所定の大きさを有したマスクを設定し、マスクを移動させるとともに、マスク内での画素の個数を計数し、個数と個数の変化率との少なくとも一方が所定値より大きいときに欠陥が存在すると判定するようにしているから、個数や個数の変化率に対する判定条件を与える値を適宜選択すれば、画像内にノイズ成分が多く含まれている場合であっても欠陥の有無を精度よく検出することができるのである。

請求項4の方法によれば、回折像のうち上記直線にほぼ平行なパターンの上の各点について上記

直線と平行に設定した基準線からの偏差を求め、この偏差に基づいて被検査面の変形を検出するようにしているので、回折像では上記直線に対してほぼ直交するパターンとしては得られないような比較的大きなうねりや反りなどの変形を検出することが可能になるのである。

請求項5の装置は、請求項1の方法を実現する装置である。

請求項6ないし請求項13の装置は、望ましい実施例である。

【実施例】

本実施例では、銅張積層板の表面の凹凸を検査する場合について例示するが、セラミック基板、シリコンウエハ、フィルム等の他の部材に対する本発明技術の適用を制限する主旨ではない。

銅張積層板は、通常、基板の表面に銅箔を接着して形成される。銅箔は電解や圧延によって形成されるのであって、形成過程で銅箔の表面には深さが $0.5 \sim 1 \mu\text{m}$ で微細な(ミクロンオーダー)ピッチを有する多数の溝がいろいろな向きに形成され

るのである。ここに、打痕23についても溝21は残される。

本発明では、被検査面4の上の一直線に沿って所定幅を有する帯状に設定された検査領域に対して、干渉性を有した光線束を所定角度で照射したときに、非欠陥である溝21やクロス目22で反射された反射光の干渉による回折像が、上記直線にはほぼ平行なパターンになり、欠陥である打痕23や異物による回折像が上記直線にほぼ直交するパターンになることに着目して、欠陥と非欠陥とを識別するのである。したがって、被検査面4での反射光が干渉するように、単一波長で干渉性を有する光線を、被検査面4の上の一直線に沿って所定幅の帯状に設定された検査領域に照射源より照射し、検査領域での反射光の干渉による回折像の変化を検出する。また、検査領域に照射する光線束は、少なくとも上記直線に直交する面内で平行な光線束にする。

このような光線束を得るために、照射源の光源にはレーザ発生器を用いる。第1図に示すように、

また、銅箔を基板に接着する際には、銅箔に基材を重ねて熱壓によってプレスするから、基材を形成するクロスの痕跡として深さが $1 \sim 2 \mu\text{m}$ でピッチが $1 \sim 2 \mu\text{m}$ のクロス目が形成されることになる。すなわち、第2図に示すように、銅張積層板20の表面には全面に亘って、いろいろな向きの微細な溝21と、溝21に比較して大きなピッチで形成されたクロス目22(被検査面では十文字になる)とが形成されるのである。溝21やクロス目22は銅張積層板20の製造過程で必然的に生じるものであるから欠陥ではない。一方、欠陥となる典型的な打痕23は、深さが数 μm ～数十 μm で直径 $0.3 \sim 1 \mu\text{m}$ のすり鉢状に形成されるから、被検査面4を表面から見ただけではクロス目22との識別が難しい。すなわち、クロス目22と打痕23とは、一方が被検査面4のほぼ全面に存在し他方が局所的に存在する点、および深さが異なる点を除いては差異がほとんどないから、従来のように、被検査面4での反射光の散乱を利用した凹凸面の検査方法では、両者の識別ができな

レーザ発生器1からは直径 $1 \mu\text{m}$ 程度の光ビームが出力され、光ビームは、円柱状のロッドレンズ2を円柱の軸に直交する形で通過することにより、円柱の軸方向では平行を保ち円柱の軸方向と直交する面内では扇形に広がる発散光線束になる。この発散光線束を平行光線束にするために、投光用シリンドリカルレンズ3がロッドレンズ2に離間して光軸を一致させる形で配設される。投光用シリンドリカルレンズ3の出射光線束は、厚み d がレーザ発生器1から出力される光ビームの直径に等しく、幅が被検査面4の幅にほぼ等しい平行光線束になる。このようにして得られた平行光線束は被検査面4に対して $1 \sim 10^\circ$ の角度 θ をなすように照射される。ここにおいて、角度 θ が 1° より小さいときには、クロス目の凹凸により平行光線束に対して影になる部分が生じるという不都合があり、角度 θ が 10° を超えると、欠陥と非欠陥とでの回折像の変化が識別しにくくなる(この理由については後述する)。また、平行光線束は所定の厚み d を有し、被検査面に対して所定の

角度 θ で照射されるから、被検査面の上の一直線に沿う所定幅 $W(=d/\sin\theta)$ を有する帯状の領域に照射されるのであって、この領域が検査領域になる。銅張積層板20は、X-Yテーブルなどのテーブル24の上に載置されており、検査領域に直交する方向(第1図矢印方向)に一定速度で搬送される。

被検査面4での反射光は、被検査面4に対してほぼ直交する面を有したスクリーン5に投映される。スクリーン5に投映されたパターンはCCDイメージセンサなどよりなる画像入力装置6により撮像され、画像処理装置7により後述する所定の画像処理を施すことによって、被検査面4の上での欠陥の有無が識別される。

ここにおいて、銅張積層板20の表面に形成されている溝21は微細であるから被検査面4に照射される平行光線束は回折を生じ、回折光が互いに干渉する。このような回折光の干渉による回折像は、クロス目22のように被検査面4の全面に亘って形成されている欠陥にはならない凹凸に対

互って平行光線束が照射できるように角度 θ には1°という下限が設けられているのである。角度 θ は、通常の銅張積層板20に対しては、望ましくは3~4°に設定される。

画像処理装置7では所定の処理を施すことにより、スクリーン5に形成されている回折像が、横方向(検査領域に平行な方向)のパターンのみであるか、縦方向のパターンが発生しているかの識別が行われる。

すなわち、画像処理装置7の基本構成は第4図に示すようなものであって、画像入力装置6から出力される各画素の濃度をディジタル信号に変換するアナログ-ディジタル変換部11と、微分処理を行う微分処理部12と、微分処理によって得られた微分値画像や微分方向値画像を原画像とともに格納するフレームメモリ13と、フレームメモリ13に格納された画像に基づいてスクリーン5に縦線が発生しているかどうかを判定する演算処理部14とを備えている。

すなわち、スクリーン5を撮像して得られる原

としては、スクリーン5の上で検査領域にほぼ平行なパターンになり、打痕23のように被検査面4に局所的に存在する欠陥である凹凸に対しては、スクリーン5の上で検査領域にほぼ直交したパターンになる。

要するに、欠陥が存在しないときには、第3図(a)に示すように、横方向の回折像a、bのみが形成され、欠陥が存在しているときには、第3図(b)に示すように、欠陥に対応する位置で縦方向の回折像cが生じるのである。ここに、横線のうちbで示した部分は正反射光に対応する位置に生じた回折像であり、aで示した部分は他の位置に生じた回折像である。被検査面4に対して平行光線束を照射する角度 θ が大きいほど回折像a、bの間隔が狭くなり、欠陥に対する回折像cが短くなるから、パターンの変化が識別しにくくなる。したがって、上述したように、角度 θ に10°という上限を設けているのである。また、角度 θ が小さいほど回折像a、bの間隔は広がるが、クロス目の凹凸による影を形成せずに被検査面4の全面に

画像は濃淡画像であって、ここでの画像処理では、濃度を空間微分することによってスクリーン5の上の線の方向を認識するようにしている。微分処理は、第5図(a)に示すように、原画像Qを3×3画素の局所並列ウィンドウWに分割して行なう。つまり、注目する画素Eと、その画素Eの周囲の8画素(8近傍)A~D、F~Iとで局所並列ウィンドウWを形成し(第5図(b)参照)、局所並列ウィンドウW内の画素A~Iの濃度の縦方向の濃度変化 ΔV と横方向の濃度変化 ΔH とを次式によって求め、

$$\Delta V = (A + B + C) - (G + H + I)$$

$$\Delta H = (A + D + G) - (C + F + I)$$

さらに、画素Eについての微分方向値 $\deg(E)$ を次式によって求める。

$$\deg(E) = \tan^{-1} \frac{\Delta V}{\Delta H} + \frac{\pi}{2}$$

ただし、A~Iは対応する画素の濃度を示している。微分方向値 $\deg(E)$ は、画素Eの近傍領域における濃度変化の方向に直交する方向を表している。以上の演算を原画像Qの全画素について行な

うことにより、検査対象物の輪郭線のような濃度変化が大きい部分と、その変化の方向とを抽出することができるのである。ここに、各画素の値が、横方向の濃度変化 ΔH により表されている画像を微分値画像、微分方向値 $\text{deg}(E)$ である画像を微分方向値画像とし、原画像、微分値画像、微分方向値画像を、それぞれフレームメモリ13内に設けた原画像メモリ13a、微分値画像メモリ13b、方向値画像メモリ13cに格納する。

このような微分処理を施せば、原画像 Q_1 が第6図(a)に示すようなものであるとすると、横線の部分では横方向の濃度変化が少なく、縦線の部分では横方向の濃度変化が多いから、微分値画像 Q_2 では第6図(b)に示すように縦線が強調された形になる。この微分値画像 Q_2 について所定の閾値を用いて2値化すれば、第6図(c)に示すように、縦線がさらに強調された画像 Q_3 が得られることになる。次に、2値化処理によって残された画素について、微分方向値が縦方向であるものを残し、他の画素を消去すれば、第6図(d)に示す

ように、縦方向の微分方向値をもつ画素のみが残され、縦線以外の画素はほとんど消去された画像 Q_4 が得られることになる。ここにおいて、微分方向値をたとえば第7図に示すように16段階で表しているとすれば、「3」、「4」、「11」、「12」の各方向の範囲に含まれるものを、微分方向値が縦方向であるとみなせばよい。最後に、残された画素について画素のかたまりごとに面積(連続してつながっている画素の個数)を求め、この面積が所定値以下であるものを除去すれば、第6図(e)に示すように縦線のみが残された画像 Q_5 が得られるのである。こうして得られた画像について、残された画素の個数を計数して面積を求め、面積が所定の閾値より大きければ欠陥が存在すると判定すればよいのである。

以上の構成によれば、たとえば、光ビームの直径が 1mm であって、被検査面4と入射光線束とのなす角度が 3° であるとすれば、被検査面4の上で入射光線束により照射される検査領域の幅 W は、 $W = 1\text{mm} + \sin 3^\circ \times 1.9\text{mm}$ となる。銅張覆層板の

表面などの被検査面4を全面に亘って検査するには、検査領域の長手方向の幅を銅張覆層板の幅程度に設定し、長手方向に直交する方向に移動させなければならない。しかるに、1画面の画像を取り込む際に銅張覆層板を移動させ、各画面について検査領域がオーバーラップする幅を 4mm とし、画像入力装置6の読出時間(CCDイメージセンサを用いている場合の電荷蓄積時間)が 16ms (すなわち、 60Hz)、画像処理装置7による処理時間が 500ms であるとすれば、銅張覆層板の移動速度を、 $15[\text{mm}] + (16 + 500)[\text{ms}] \times 29[\text{mm/秒}]$ に設定することによって、銅張覆層板を等速度で連続的に移動させながら、検査が行えることになる。また、画像入力装置6による画像の取り込みは 516ms に1回行えばよいことになる。

なお、画像入力装置6では、読出時間が 16ms であるから、この間に画像入力装置6ではスクリーン5の上の回折像が積分されることになるが、 $29[\text{mm/秒}] \times 16[\text{ms}] \times 0.46[\text{mm}]$ であって、

欠陥の検出精度にはほとんど影響がない。ただし、移動速度が大きいときには、画像入力装置6の読出時間の間に被検査面4が大きく移動するから、この場合には、検査領域がオーバーラップする幅を大きくとるようにして、検出精度を高める必要がある。

ところで、第8図(a)に示すように、被検査面4に反りやうねりのような変形があると、第8図(b)に示すように、回折像は横方向の直線状にはならずうねりが生じることになる。銅張覆層板20をテーブル24に載置するときには、銅張覆層板の裏面をテーブル24に吸着することによって固定するから、被検査面4に変形がなければ、テーブル24の表面と被検査面4とが平行になるが、被検査面4に、緩やかな凹み、折れ、割れなどがあるときには、テーブル24の表面から被検査面4までの高さが増加することになって、回折像にうねりを生じるのである。

すなわち、被検査面4が第9図(a)のように、テーブル24の表面に対して ϕ だけ傾斜している

とすれば、テーブル24の表面に対して角度 θ をなすように入射する光線は、テーブルの表面に対して角度 $(\theta + 2\phi)$ をなすように反射される。スクリーン5はテーブル24の表面に対して垂直に設置されているから、被検査面4における反射位置からスクリーン5までの距離を l とすれば、スクリーン5の上での回折像の偏位 Δy_1 は、

$$\Delta y_1 = l \{ \tan(\theta + 2\phi) - \tan\theta \}$$

となる。したがって、 $\theta = 3^\circ$ 、 $l = 500\text{mm}$ とし、テーブル24の移動方向について 20mm 進んで 50mm 上がるような傾斜面では、 $\Delta y_1 = 2.5\text{mm}$ となる。

また、第9図(b)のように、被検査面4について非欠陥部分よりも h だけ高くなった部分が存在しているとすれば、スクリーン5の上での回折像の偏位 Δy_2 は、

$$\Delta y_2 = 2h$$

となる。したがって、 $h = 50\text{mm}$ とすれば、 $\Delta y_2 = 0.1\text{mm}$ となる。

一般には、スクリーン5の上での回折像の偏位

Δy は、テーブル24に対する被検査面4の傾斜角度と、非欠陥部分からの高さの偏位とに起因するから、

$$\Delta y = \Delta y_1 + \Delta y_2$$

になるものであり、回折像にうねりが形成されることになるのである。逆に、このようなうねりが回折像に形成されている場合には、被検査面4が変形していることを示しているから、被検査面4に欠陥があるとして除去しなければならない。被検査面4の変形の有無の判定は以下の手順によって行う。

まず、検査領域を設定している直線に平行な方向(以下、X方向と称する)について検査範囲を限定する。次に、正反射光に対応する位置における回折像(第3図におけるb)に着目してX方向の基準線を設定し(基準線の設定方法は後述する)、上記検査範囲内で設定された各測定位置について回折像の基準線からの偏位を求める。この偏位に基づいて被検査面に変形があるかどうかを判定するのである。

基準線の設定には、まず、第10図(a)に示すように、X方向における複数箇所、それぞれ正反射光に対応する位置における回折像bを通るY方向(スクリーン5の上でX方向に直交する方向)の検査ライン $l_1 \sim l_n$ を設定し、各検査ライン $l_1 \sim l_n$ の上で濃度が最大になる点のY座標を求める。各検査ライン $l_1 \sim l_n$ に対して求めた濃度が最大になる点のY座標をそれぞれ $y_1 \sim y_n$ とし、出現度数が最大であるY座標の値を t とする。このようにして得られた $Y = t$ の直線を基準線に設定するのである。

上述の方法では、回折像の濃度変化が比較的少ないときに有効であるが、濃度変化の激しい回折像に対しては、各検査ライン $l_1 \sim l_n$ の上で濃度が最大になる点を求めるのが難しい。そこで、濃度の最大値を求める代わりに、各検査ライン $l_1 \sim l_n$ の上の濃度の重心を求めてもよい。すなわち、

$$y_j = \frac{\sum y_{ij} \cdot f(x_{ij}, y_{ij})}{\sum f(x_{ij}, y_{ij})}$$

とする。ただし、 Σ はjについての総和であって、 $j = 1, 2, \dots, m$ とする。また、 $f(x_{ij}, y_{ij})$ は

点 (x_{ij}, y_{ij}) の濃度である。このようにして求めた $y_1 \sim y_n$ について、出現頻度が最大になるY座標の値をとすれば、基準線 $Y = t$ を設定することができる。この方法によれば、処理時間は若干増加するが、どのような回折像に対しても安定した値を得ることができる。

次に、第10図(b)に示すように、基準線 $Y = t$ に対して $(t + \alpha)$ と $(t - \beta)$ との間で許容範囲を設定し、上述のようにして求めたY座標 $y_1 \sim y_n$ が許容範囲内であるかどうかを調べる。

すなわち、基準線 $Y = t$ を求めた後、良否の判定を次のように行う。まず、許容範囲外の値に対して、 $y_i > (t + \alpha)$ である点(凹部分)については、 $(y_i - t)$ の総和 S_1 を求め、 $y_i < (t - \beta)$ である点(凸部分)については、 $(t - y_i)$ の総和 S_2 を求める。各総和 S_1, S_2 をそれぞれ設定されたしきい値と比較し、しきい値を越えていれば不良と判定する。

また、良否の判定方法としては、上述したように、基準線からの偏差の総和を求めるほかに、許

容範囲外の点の数を、 $y_i > (t + \alpha)$ の点、および $y_i < (t - \beta)$ の点に対してそれぞれ求めて N_1, N_2 とし、各閾数 N_1, N_2 をそれぞれ設定されたしきい値と比較し、しきい値を超えていれば不良と判定する方法でもよい。

【実施例2】

実施例1では、被検査面4に照射する平行光線束を、レーザ発生器1とロッドレンズ2と投光用シリンダリカルレンズ3とによって得るようにしていたが、本実施例では、第11図に示すように、ロッドレンズ2と放物面鏡8とを用いて被検査面4への平行光線束を得るようにしている。すなわち、レーザ発生器1からの光ビームをロッドレンズ2に通すことによって発散光線束を得た後、放物面鏡8に反射させて平行光線束を得るようにしている。他の構成は、実施例1と同様である。

【実施例3】

上記各実施例では、被検査面4を帯状の入射光線束で照射するようにしていたが、本実施例では、レーザ発生器1からの光ビームを被検査面4上で

【実施例4】

実施例3のように光ビームを被検査面4の上で走査する場合には、第13図に示すように、画像入力装置6'としてリニアイメージセンサを用いることができる。フォトダイオードアレイやCCD1次元イメージセンサなどを画像入力装置6'として用いるのである。

すなわち、被検査面4からの回折光や反射光は、受光用シリンダリカルレンズ10を通して画像入力装置6'に収束される。画像入力装置6'は受光用シリンダリカルレンズ10の円柱の軸方向についての1次元イメージを検出することができるように配置される。画像入力装置6'の出力はドライバ回路15に入力され順次格納される。したがって、光ビームが被検査面4の上を走査されると、1ライン分のイメージがドライバ回路15に蓄積されるのであり、ドライバ回路15の出力は、2次元のイメージセンサを用いた出力と同等になる。その結果、上述した画像処理装置7を用いて同様の処理が可能になる。また、この構成では、スク

走査するようにしている。すなわち、レーザ発生器1からの光ビームは、第12図に示すように、投光用シリンダリカルレンズ3と平行な軸の回りで回転駆動されるポリゴンミラー9により反射され、投光用シリンダリカルレンズ3を通して被検査面4に照射される。ポリゴンミラー9は、投光用シリンダリカルレンズ3の入射面の範囲で光ビームを左右に振るのであって、投光用シリンダリカルレンズ3から出射される光ビームは、どの位置でも投光用シリンダリカルレンズ3の光軸に平行な光ビームとなるように設定されている。ここにおいて、1ラインの走査に要する時間を、画像入力装置6の1画面の取り込み時間に同期させておけば、スクリーン5の上に形成される1ライン分の回折像を画像入力装置6で取り込むことができるのであり、実施例1と同様に処理することができる。

光ビームの走査には、ポリゴンミラー9に代えて、平面鏡を左右に揺動させるいわゆる振動ミラー形の走査鏡を用いてもよい。

リーンは不要であり、受光用シリンダリカルレンズ10を通った光は画像入力装置6'に直接入力される。

【実施例5】

本実施例では、第6図(d)として示した縦方向の微分方向値をもつ画像Q₁について、背景ノイズが多い場合の処理方法を示す。

この場合には、第14図に示すように、濃度の変化率が所定値より大きく、かつ濃度の変化方向が縦方向に沿う方向である画素を抽出した画像(すなわち、画像Q₁)に対し、欠陥に対応する縦線(cで示した領域付近に存在していると仮定している)を囲むことができる程度のマスクMを設定し、マスクMを左端より右端(逆でもよい)に所定画素ずつ移動させながら(第14図中矢印方向)、マスクM内の画素の個数を計数する。ここに、マスクMの移動距離は1画素としてもよいが、判定結果に支障がなければ複数画素ずつ移動させるほうが処理時間を短縮することができて効率が良い。

計数したマスクM内の画素の個数を m_i とする

とき、画素の個数の変化率 k_i を次式のように定義する。

$$k_i = \frac{m_{i+1} - m_i}{m_i} \quad \text{または} \quad k_i = \frac{\sum m_{i+1} - \sum m_i}{\sum m_i}$$

ただし、 Σ は i についての総和であって、 $i = 1, 2, \dots, j$ とする。また、 n はマスク M を先行させる画素数である。以上のようにして求めた変化率 K_i が、あらかじめ設定された閾値 k_s よりも大きいときには欠陥が存在し不良であると判定する。ここに、閾値 k_s は、ノイズの変化率より十分に大きく、欠陥の変化率よりは小さく設定することが必要である。

欠陥部での個数の変化が緩やかであって変化率 k_i が欠陥部でも小さい場合には、個数 m_i に対して閾値 m_s を設定し、個数 m_i と閾値 m_s とを比較して、 $m_i - m_s > 0$ を満たすマスク M の個数 l_i 、もしくは、 $\sum m_i - m_s$ (Σ は i についての総和であり、 $i = 1, 2, \dots, j$)が、あらかじめ設定された閾値 l_s よりも大きいときには欠陥が存在し不良であると判定する。ここに、閾値 m_s は画素のうちのノイズ成分を除去できる程度の大きさに

上記直線にはほぼ平行なパターンになり、検査領域内で局所的に存在し欠陥になる凹凸に対しては上記直線にはほぼ直交するパターンになるように、平行光線束の被検査面に対する照射角度を設定していることによって、欠陥と非欠陥とを回折像の変化に基づいて容易に識別することができるという利点がある。すなわち、被検査面の表面に製造過程で必然的に形成された非欠陥の凹凸と、打痕のような欠陥である凹凸とを回折像のパターンの変化によって識別できるという効果を奏する。また、回折像を画像入力装置に入力し、画像処理を施すことによって被検査面の凹凸形状を検出するので、凹凸形状の検査を自動化できるという利点を有する。

さらに、画像処理によって、回折像のパターンの特徴抽出を行うことにより、被検査面の良否の判定が自動化できるのである。

しかも、請求項3の方法によれば、ノイズ成分の多い画像であっても欠陥の有無を精度よく検出することができるという効果がある。

設定される。

上述した判定方法では、マスク内の画素の個数と個数の変化率とのいずれか一方のみを利用して欠陥の有無を判定しているが、両者を組み合わせて判定するようにしてもよいのはもちろんのことである。

マスク M の各位置における画素数は、縦線に対応する部分では他の部分に比較して大きくなるから、マスク M 内の画素の個数に閾値を設けてノイズ成分を除去したり、画素の個数の変化率を検出することによって、画像内の全体に分布しているノイズ成分の影響を除去することができるのである。したがって、上述のような判定方法を用いれば、背景ノイズが多い場合でも、欠陥の有無を正確に判定することができるのである。

【発明の効果】

本発明は上述のように、被検査面の一直線に沿って所定幅を有する帯状に設定された検査領域での反射光の干渉による回折像が、検査領域のほぼ全面に存在する非欠陥とみなせる凹凸に対しては

また、回折像のうち上記直線にはほぼ平行なパターンの上の各点について上記直線と平行に設定した基準線からの偏差を求め、この偏差に基づいて被検査面の変形を検出するようにしているので、回折像では上記直線に対してほぼ直交するパターンとしては得られないような比較的大きなうねりや反りなどの変形を検出することが可能になるという効果を奏するのである。

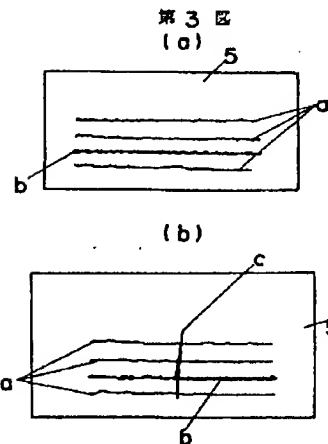
4. 図面の簡単な説明

第1図は本発明の実施例1を示す概略構成図、第2図は同上における被検査面の形状を示す拡大斜視図、第3図は同上のスクリーンに投射されたパターン例を示す動作説明図、第4図は同上に用いる画像処理装置の概略構成図、第5図は同上における画像処理で用いる局所並列ウィンドウの概念を示す説明図、第6図は同上の画像処理の動作説明図、第7図は同上における微分方向値の設定例を示す説明図、第8図(a)は同上において被検査面に比較的大きな凹凸が存在するときの動作説明図、第8図(b)は第8図(a)に対応する回折像を

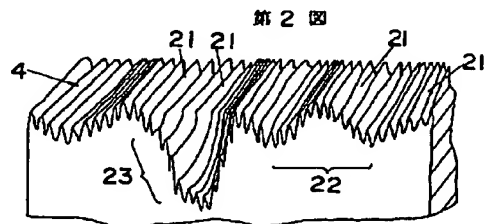
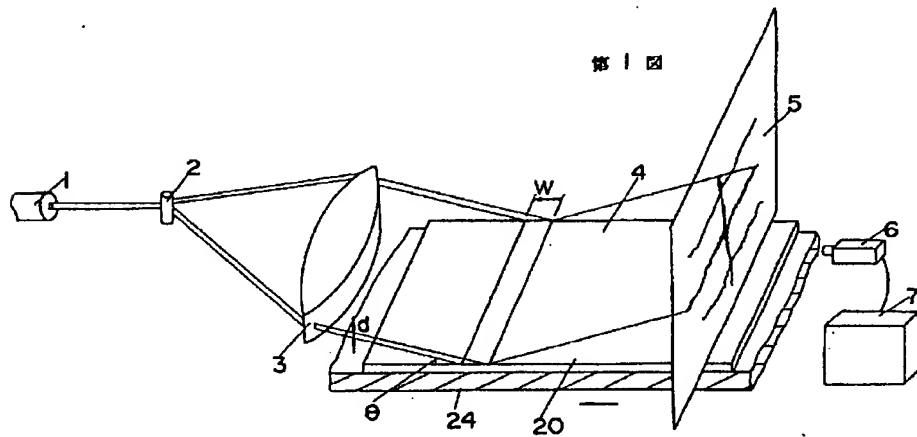
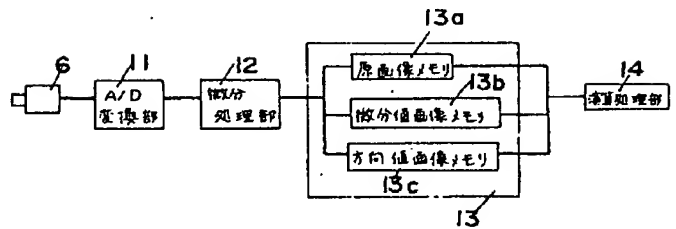
示す動作説明図、第9図(a)(b)はそれぞれ同上において被検査面の比較的大きな凹凸が存在するときの反射光の偏位を示す動作説明図、第10図(a)は同上の検査ラインの設定状態を示す動作説明図、第10図(b)は同上における基準線の求め方を示す動作説明図、第11図は本発明の実施例2を示す要部概略構成図、第12図は本発明の実施例3を示す概略構成図、第13図は本発明の実施例4を示す概略構成図、第14図は本発明の実施例5を示す動作説明図である。

1…レーザ発生器、2…ロッドレンズ、3…投光用シリンドリカルレンズ、4…被検査面、5…スクリーン、6…画像入力装置、7…画像処理装置、8…放物面鏡、9…ポリゴンミラー、10…受光用シリンドリカルレンズ。

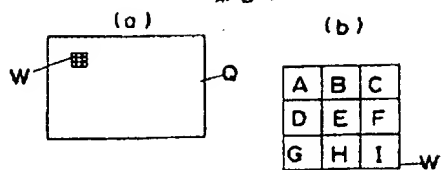
代理人 弁理士 石 田 長 七



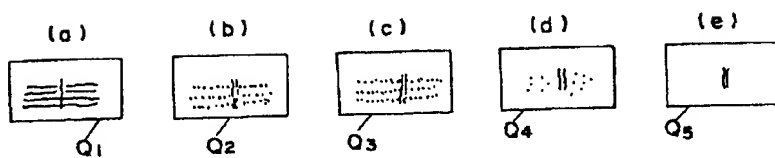
第4図



第 5 図



第 6 圖



第 7 题

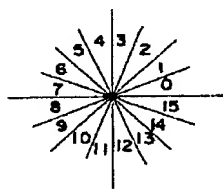
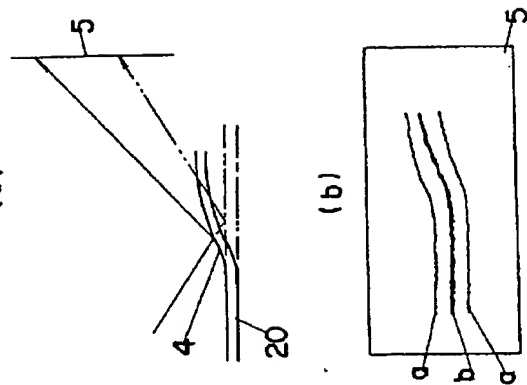
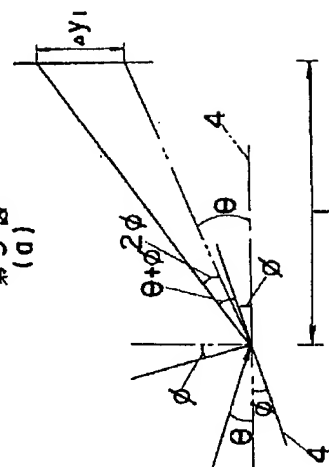


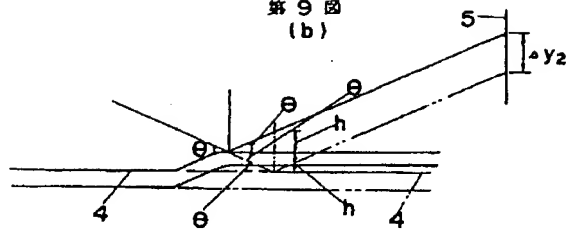
圖 8 (D)



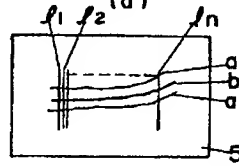
第9圖 (D)



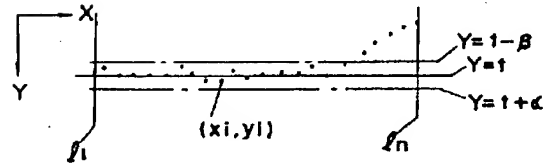
第9圖
(b)



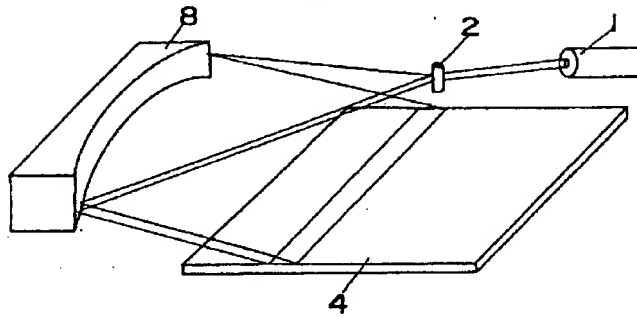
第10圖
(a)



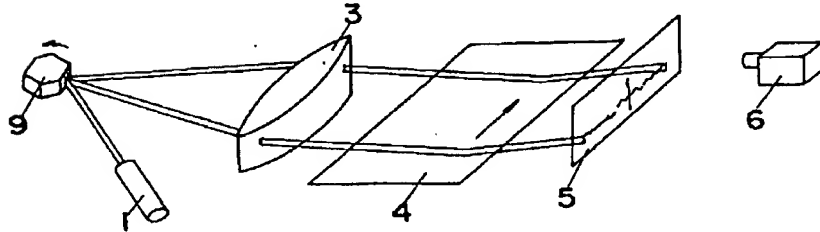
(b)



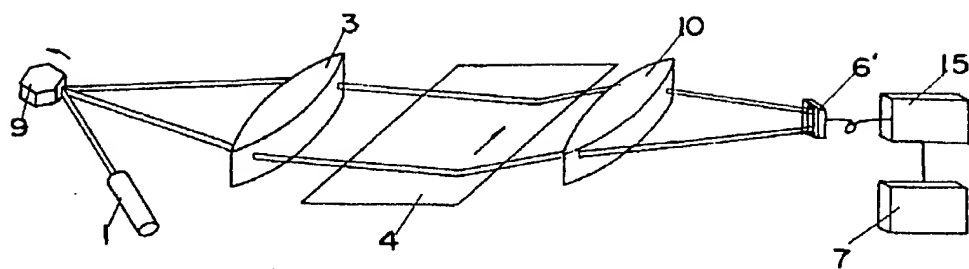
第11圖



第12圖



第13図



第14図

